GIBT ES EINE PARALLELE KONJUGATION DER CHROMOSOMEN?

ERWIDERUNG AN DIE HERREN FICK, GOLDSCHMIDT UND MEVES

VON

A. UND K. E. SCHREINER

MIT 3 TAFELN

(VIDENSKABS-SELSKABETS SKRIFTER. I. MATH.-NATURV. KLASSE 1908. No. 4)

UDGIVET FOR FRIDTJOF NANSENS FOND.

KRISTIANIA

IN COMMISSION BEI JACOB DYBWAD

1908

Fremlagt i Fællesmødet d. 6te December 1907.

A. W. BRØGGERS BUCHDRUCKEREI.

In einer Reihe von Arbeiten (04, 05 a, 06 a—c, 07) haben wir im Laufe der letzten Jahre auf Grund eingehender Untersuchungen eines grossen und verschiedenartigen Materials die Auffassung zu begründen versucht, dass die Zahlenreduktion der Chromosomen in den Geschlechtszellen bei den verschiedensten Objekten auf prinzipiell dieselbe Weise zustande kommt, und zwar durch Vereinigung der Länge nach je zweier Chromosomen der letzten Teilung der Vermehrungsperiode.

Einen solchen Vorgang haben wir bei folgenden Objekten vorgefunden:

Wirbeltieren:	Menschen, Kaninchen, Kater, Maus, Ratte, Taube, Kreuzotter, Triton, Salamandra, Chimaera, Raja, Spinax, Bdellostoma, Myxine.
Arthropoden:	Locusta viridissima, Euchaeta norvegica.
Würmern:	Tomopteris onisciformis, Ophryotrocha puerilis.
Mollusken:	Enteroxenos östergreni.

Mit besonderer Klarheit ist uns der ganze Reifungsvorgang des Chromatins in den männlichen Geschlechtszellen von *Tomopteris* entgegengetreten, wo es uns gelungen ist, in einer lückenlosen Reihe, wie es uns scheint, von unzweideutigen Bildern die Chromatinveränderungen von der letzten Teilung der Vermehrungsperiode an durch die ganze Reifungsperiode[1] zu verfolgen.

Da, soweit uns bekannt, von keinem andern Objekt eine derartig vollständige Beobachtungsreihe über die Chromatinveränderungen dieser Periode vorliegt, so haben wir es für eine weitere vergleichende Untersuchung vorteilhaft gefunden, den hier beobachteten Reifungsmodus als einen Grund-

[1] Über unsre Nomenklatur vgl. 07, S. 21.

typus der Chromatinreifung im allgemeinen aufzustellen[1]. Wir haben dies in der festen Überzeugung getan, dass unsre Schilderung von der Chromatinreifung bei *Tomopteris*, wenigstens in ihren Hauptzügen, vollkommen unangreifbar war, und dass wir imstande sein würden, dieselbe gegen alle Welt aufrecht zu halten.

Es hat sich aber erwiesen, dass es uns nicht gelungen ist, eine Darstellung des Reduktionsvorgangs bei diesem schönen Objekte zu liefern, die jeden in dieser Frage orientierten Leser von der Richtigkeit unsrer Auffassung überzeugen könnte. Vielmehr sind schon von drei auf diesem Gebiete geschätzten Forschern, Fick, Goldschmidt und Meves, ernste Bedenken gegen die Richtigkeit unsrer Darstellung erhoben worden. Die Einwände, die vom erstgenannten dieser Forscher gegen unsre Auffassung von der Chromatinreduktion angeführt worden sind, fallen um so schwerer ins Gewicht, als sie aus Untersuchungen hervorgegangen sind, die er an einigen unsrer besten Tomopterispräparate angestellt hat.

Da diese ablehnende Haltung einer Reihe von Forschern, die sich eben auf diesem Gebiete der Zellforschung eine gewisse Autorität erworben haben, wohl geeignet sein kann, gegen unsre Beobachtungs- und Darstellungsweise Misstrauen zu erwecken und zugleich, wie wir meinen, die Lösung dieser schwierigen und bedeutungsvollen Fragen zu erschweren und zu verzögern, so haben wir uns nach einigem Zaudern entschlossen, auf die Angriffe der erwähnten Forscher in aller Kürze zu antworten, um den Wert derselben einer Prüfung zu unterwerfen. Wir haben dies auch deswegen getan, weil wir glauben, dass eine sachliche Diskussion und weitere Untersuchungen über die Verhältnisse bei diesem einzelnen Objekt, dessen Günstigkeit jeder erfahrne Zellforscher erkennen muss, und das ausserdem leicht zugänglich ist[2], für die Lösung der Reduktionsfrage einstweilen von viel grösserer Bedeutung sein werden, als Schilderungen von neuen und

---

[1] Wenn wir die männlichen Geschlechtszellen von *Tomopteris* als ein besonders günstiges Material hervorheben, so wollen wir hiermit nicht gesagt haben, dass nicht bei andern Objekten einzelne Phasen der Chromatinreifung in ebenso klaren Bildern zutage treten können wie hier; im Gegenteil haben wir von der ersten Hälfte der Einleitungsphase der Konjugation in den Spermatozyten von *Myxine* ausserordentlich schöne Bilder vorgefunden, und von der Endphase der Konjugation liefern sowohl die Spermatozyten der Amphibien wie die Oozyten von *Enteroxenos* und von den Selachiern vollkommen ebenso klare Bilder wie die männlichen Geschlechtszellen von *Tomopteris*. Bei keinem andern von uns untersuchten Objekte lässt sich aber von der ganzen Reifungsperiode eine so vollständige Reihe von relativ klaren Bildern herausfinden.

[2] Soweit es uns möglich ist, sind wir gern bereit denjenigen unsrer Fachgenossen, die selbst keine Gelegenheit haben *Tomopteris* zu konservieren, die Prüfung unsrer Resultate durch Verschaffung von Tomopterismaterial zu ermöglichen.

oft schwerdeutigen Verhältnissen, die wegen schwerer Zugänglichkeit des Materials nicht so leicht von interessierten Fachgenossen nachgeprüft werden können.

Jeder Forscher, der sich mit dem Studium der Entwicklung der Geschlechtszellen beschäftigt hat, wird aus eigener Erfahrung wissen, dass die grösste Schwierigkeit der Untersuchung in der genauen Verfolgung der Chromatinveränderungen von der letzten Teilung der Vermehrungsperiode an bis zur Bildung der bivalenten Chromatinbügel liegt, durch die Periode also, die wir (07) als Einleitungsphase der Konjugation bezeichnet haben.

Die Einwände, welche die oben erwähnten Forscher gegen unsre Angaben gemacht haben, treffen denn auch in erster Reihe unsre Schilderung der sich in dieser Periode abspielenden Chromatinveränderungen.

Goldschmidt schreibt in seinem Referat über unsre Tomopterisarbeit im Zool. Zentralblatt (06, S. 612): »Das, was als Chromosomenkonjugation beschrieben wird, kann ebensogut der Ausdruck der Differenzierung von Anfang an längsgespaltener Doppelchromosomen sein.«

Zu demselben Resultate kommt nach Studium unsrer Präparate Fick: »Der unbefangene Beobachter wird aus den Präparaten und Bildern, glaube ich, nur den Eindruck gewinnen können, dass sich aus dem chromatischen Netzgewirr an der Polseite des Kernes auf der Grundlage feinster paralleler oder miteinander verflochtener Chromatinfädchen gespaltene, sich allmählich verdickende Chromatinbalken anlegen« (07, S. 64).

Auch Meves (07) ist »entschieden der Meinung«, dass die Dualität der Polenden der in Bildung begriffenen dicken Chromatinbügel durch das erste Auftreten der Längsspaltung bedingt wird. Unsere Schilderung des Hervorgehens dieser Bügel durch parallele Vereinigung je zweier dünner Fäden beruht einfach auf »einer irrtümlichen Seriierung« der Bilder.

Wir legen besonderes Gewicht auf die sachliche Kritik Fick's, die, wie erwähnt, auf dem Studium unsrer Originalpräparate fusst. Sind wir imstande die Berechtigung dieser Kritik zurückzuweisen, so haben wir wohl auch der Kritik der beiden andern Herren, die mit unsrem Material vollkommen unbekannt sind, den Boden entzogen.

»Zum wirklichen Nachweis einer die Chromosomenzahl halbierenden Parallelkonjugation gehörte natürlich«, schreibt Fick S. 63, »vor allem der einwandfreie Beweis, dass von den nach Schreiners konjugierenden dünnen, körnigen Fädchen vor der Konjugation wirklich gerade 18 in den jungen Spermatozyten von *Tomopteris* vorhanden sind, aus denen durch die Konjugation neun dicke gespaltene Balken werden. Jedes der dünnen konjugierenden Fädchen der älteren Spermatozyten müsste einem der in Fig. 16, 17 und 18 gezeichneten »18« aufgelockerten Chromatinbügel der jüngsten Spermatozyten entsprechen. Dieser Beweis ist aber keineswegs erbracht. Im Gegenteil erscheinen schon die »18« Chromatinbügel der Fig. 18 stellenweise zweifädig. Und bei Betrachtung von Präparaten, die der Fig. 16, 17 und 20a bezw. 19 ungefähr entsprechen, hat man entschieden den Eindruck, dass vielleicht ebensoviele Doppelfädenstränge vorhanden sind, als es vorher aufgelockerte Chromatinbalken waren, d. h. also auf frühen »Konjugationsstadien« scheint noch gar keine Zahlenhalbierung, sondern umgekehrt eine Verdoppelung, eine Spaltung der 18 Chromosomenbalken stattgefunden zu haben. Nach dieser Auffassung läge also keine Zahlenreduktion durch Konjugation, sondern nur eine sehr frühe Längsspaltung, d. h. die Anlage gespaltener Chromosomen vor. Die Doppelfäden dieses Stadiums kennt man, wie aus den Zitaten auf S. 61 hervorgeht, schon lange. Man sprach eine Zeitlang immer direkt von einer der Zahlenreduktion vorangehenden Verdoppelung der Chromosomenzahl (Platner, O. Hertwig, Rückert u. a.)«.

Es sei uns gestattet hierauf folgendes zu antworten.

Als sicher müssen wir es ansehen, dass die Telophasenchromosomen nach der letzten Spermatogonienteilung bei *Tomopteris*, wie bei den übrigen Objekten, die uns aus eigenen Untersuchungen bekannt sind, zu langen, meistens stark aufgelockerten Chromatinbügeln oder Chromatinbändern auswachsen, die fast den ganzen Kernraum ausfüllen.

Wir haben diese Auflockerung der Chromosomen, die sich besonders gut an Zellkuppen verfolgen lässt, wo die Kerne nicht im Durchschnitt, sondern von der Oberfläche gesehen werden, in unsrer früheren Arbeit durch die Fig. 13—16 zu illustrieren gesucht. Da Meves aber zwischen unsren Fig. 15 und 16 »nicht unerhebliche Differenzen in der Grösse besonders der Kerne« findet und, wenn wir ihn richtig verstanden haben, anzunehmen scheint, dass zwischen diesen beiden Stadien ein von uns völlig übersehenes »Ruhestadium der Spermatozyten«, das er noch bei keinem Objekte vermisst hat, zu suchen ist, so bringen wir in Fig. 1—7 des vorliegenden Aufsatzes einige neue Bilder von jungen Spermatozyten.

Wir haben bei unsrer neuen Untersuchung dieser Stadien besondres Gewicht auf ein sicheres Feststellen der Zahl der aufgelockerten Bügel gelegt und kommen nach dem Studium zahlreicher Querschnittsbilder zu genau demselben Resultat wie früher (vgl. 06, a, S. 13). Mit absoluter Sicherheit lassen sich die Bügel wegen ihrer unscharfen Konturen und ihres zur Kernachse oft schrägen Verlaufs kaum zählen, wohl aber mit annähernder Genauigkeit. Bei günstiger Lage der Zellen im Schnitte zählt man nämlich immer zwischen 30 und 36 Bügelquerschnitte (vgl. Fig. 6 und 7), was ja sehr wohl mit der Chromosomenzahl »18« übereinstimmt. Wir müssen daher mit grösster Bestimmtheit unsre frühere Ansicht festhalten, dass die Kerne der jungen Spermatozyten von ihrer Bildung an von 18 freien Chromatinbügeln durchzogen werden.

Sind nun diese Chromosomen der jungen Spermatozytenkerne wirklich längsgespalten, so wie Fick (vgl. o.) meint?

Wie wir in unsren früheren Arbeiten hervorgehoben und an mehreren unsrer Figuren darzustellen versucht haben, zeigen die jungen Chromosomen während ihrer Auflockerung ein Aussehen, das beim ersten Blick jeden Untersucher ganz natürlich auf den Gedanken bringen muss, dass hier eine Längsteilung der Chromosomen vorliege. Eine solche ist denn auch, wie allgemein bekannt, von mehreren Forschern angenommen worden, und neulich hat auch M. Heidenhain (07, Fig. 54—55, S. 151) die Meinung ausgesprochen, dass die Chromosomen in der Telophase sich zum Teil »deutlich gespalten« zeigen können.

Selbst haben wir dieser Frage grosse Aufmerksamkeit gewidmet und sind nach gewissenhafter Prüfung der Bilder zu dem Resultat gelangt, dass die an den Chromosomen der jungen Kerne sichtbare Längslichtung mit einer Längsspaltung derselben nichts zu tun hat, sondern auf dem Bau und der Auflockerungsweise der Chromosomen beruht. In dieser Auffassung stimmen wir mit Grégoire und Wygaerts (03) und einer Reihe von andern Forschern, sowohl Zoologen wie Botanikern überein.

Am klarsten tritt nach unsren Erfahrungen die Längslichtung der Chromosomen an frühen Stadien der Telophase hervor (vgl. 06 a Fig. 13—15, 06 b Fig. 3, 83—86); mit der weiteren Auflockerung der Chromosomen wird sie wieder verwischt, während gleichzeitig in den meisten Fällen (wir sprechen hier von jungen Kernen im allgemeinen) die Abgrenzung der einzelnen Chromosomen gegeneinander völlig unerkennbar oder doch wenig hervortretend wird. Dabei haben wir in den verschiedenen Zellen häufig einen spiraligen oder zickzackartigen Bau der halb aufgelockerten Chromo-

somen, an denen die Längslichtung noch hie und da zum Vorschein kommt, beobachten können. An Querschnitten durch die Bügel haben wir während dieser Auflockerungsperiode niemals eine Spaltung derselben feststellen können; die Bügelquerschnitte erscheinen vielmehr als unregelmässige Häufchen von chromatischen Körnchen, Klümpchen und Fäden, und sehr oft zeigen sie in ihrer Mitte einen chromatinfreien Raum oder mehrere kleinere. Der Spiralbau der Chromosomen, der auch in den jungen Oozyten und Spermatozyten bei der weiteren Auflockerung derselben meistens unerkennbar wird, tritt wieder, und zwar mit besonderer Deutlichkeit hervor, wenn sich die Chromosomen kurz vor dem Anfang der Konjugation aus ihrem aufgelockerten Zustande zu wohlbegrenzten dünnen Fäden kondensieren (vgl. 06 a Fig. 17—18, 06 b Fig. 6, 89, vorlieg. Arbeit Fig. 4—5, 8—9, vgl. auch Fig. 12—15 von Janssens 05).

Schon der Umstand kann uns nicht anders als wundern, dass Fick in seinem Referat, das wohl auch für Leser bestimmt ist, bei denen keine Spezialkenntnisse auf diesem Gebiete vorausgesetzt werden können, ausspricht, dass man bei Betrachtung unsrer Präparate »entschieden den Eindruck« hat, dass »eine Spaltung der 18 Chromosomenbalken stattgefunden« hat, ohne dass er auch mit einem Worte berührt, dass die Frage von dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Längsteilung der Chromosomen auf diesem Stadium sowohl von uns in mehreren Arbeiten näher erörtert (06 a S. 12, 07 S. 18), als auch von einer Reihe auf diesem Gebiete so erfahrner Forscher wie Grégoire (03, 06), Berghs (04), Strasburger (05) und Janssens (05) zum Teil sehr ausführlich behandelt worden ist, und dass sowohl sämtliche diese Forscher als wir zu dem Resultate gelangt sind, dass hier sehr wahrscheinlich keine Längsspaltung vorliegt. Wenn aber Fick weiter unten (vgl. obenstehendes Zitat) dem Leser erzählt, dass man »die Doppelfäden dieses Stadiums«[1] schon lange kenne, und wenn er, wie aus seiner weiteren Ausführung hervorgeht, diese an den Chromosomen jeder Telophase, sowohl der Gewebszellen wie der Geschlechtszellen verschiedener Generationen mehr oder weniger deutlich sichtbare, aber recht schwerdeutige Längslichtung mit der von Rückert u. a. »am Schluss der Wachstumsperiode des Keimbläschens« (Rückert 92, S. 119) geschilderte Doppelung der Chromosomen, die sich durch weite Spreizung der Paarlinge kundgibt, direkt homologisiert, dann sind wir nicht imstande dem Gedankengang Fick's zu folgen. Die Bilder, in denen Rückert eine Verdoppelung der Chromosomen gesehen hat (vgl. seine Fig. 2, S. 121, 92), sind ja sicherlich

[1] Von uns gesperrt.

Fick sowohl aus den Oozyten der Selachier als aus denen der Amphibien und andrer Objekte wohl bekannt, und es kann einem so erfahrnen Forscher wie Fick unmöglich unbekannt sein, dass diese Bilder in der Tat durch keine Verdoppelung der Oogonienchromosomen, sondern durch Längsspaltung der bivalenten Chromatinbügel der Oozyten hervorgegangen sind, und dass sie somit den von uns in Fig. 64 (06 b) von Spermatozyten von *Spinax*, in Fig. 34—37 (06 a) von Spermatozyten von *Tomopteris*, in Fig. 9 (06 c) von einer Oozyte von *Ophryotrocha*, in Fig. 6—12 (07) von Oozyten von *Enteroxenos* gelieferten Chromosomenbildern direkt entsprechen. Dass die Annahme Rückert's, es sollte auf diesem Stadium eine Verdoppelung der Chromosomen vorliegen, auf unrichtigen Zählungen der bei seinem Objekte in ungünstig grosser Zahl vorhandenen Chromosomen beruht, müssen wir auch nach eigenen Untersuchungen an Oozyten von Spinax bestimmt behaupten.

Weiter unten auf S. 64 schreibt Fick:

»Ein Beweis dafür, dass dem nicht so ist, dass keine »Verdoppelung« vorliegt, sondern dass die zarten »konjugierenden« Fädchen wirklich je einem der früheren lockeren Chromatinbügeln entsprechen und somit ganze Chromosomenindividuen in der Normalzahl darstellen, kann aber meines Erachtens an den bisher untersuchten Objekten überhaupt gar nicht erbracht werden, weil die feinen Fädchen gewissermassen nur in statu nascendi aus dem Ruhegerüst (und zwar an der Polseite des Kernes, s. unten) deutlich zu sehen und bei ihrer »Konjugation« zu verfolgen sind.«

Wir geben gern zu, dass die Stadien, um die es sich hier handelt, schwer analysierbar sind, doch meinen wir, dass Fick die Schwierigkeiten, die mit ihrer Deutung verbunden sind, überschätzt.

Es lässt sich durch genaue Verfolgung der Entwicklung der Spermatozyten sicher nachweisen, dass die Kondensation der aufgelockerten Chromatinbänder an ihren freien Polenden anfängt, und man vermag an Querschnitten, die durch die Polteile der Kerne gefallen sind, während der Kondensation der Bänder dieselben wie früher ziemlich genau zu zählen und dadurch festzustellen, dass die Chromosomenzahl unverändert ist, und dass somit keine Verdoppelung der Chromosomen vorliegt. Man vermag weiter, besonders an Kernen, die von der Oberfläche gesehen werden, nicht nur an den Polteilen der Chromatinbänder den allmählichen Übergang der aufgelockerten Chromosomen in die mehr kondensierten und gestreckten Fäden festzustellen (vgl. Fig. 17—18, 06 a), sondern kann auch sonst hie und da im Kerne die Umwandlung der aufgelockerten Bänder in die schärfer konturierten, zunächst spiralgewundenen Chromatinfädchen

verfolgen (vgl. Fig. 4—5, 8). Was ein genaues Zählen der Fädchen aber bald unmöglich macht, ist der Umstand, dass die dünnen Fädchen sich rasch strecken, und weil sie erheblich länger als der Umkreis des Kernes werden, einen gewundenen Verlauf anzunehmen gezwungen und deshalb zwischen einander geflochten werden.

Auch auf Stadien wie an unsren Fig. 19 und 20 a, wo die Kondensation der aufgelockerten Chromatinbügel fast beendigt ist, und unsrer Meinung nach die parallele Konjugation angefangen hat, findet nun Fick (vgl. das S. 6 angeführte Zitat), dass die Chromatinfäden längsgespalten erscheinen.

Hierzu wollen wir nur bemerken, dass unsres Erachtens eine Längsspaltung der Bügel auf diesem Stadium etwas ganz andres als die von Fick auf früheren Stadien vermutete ist; denn die Chromatinfädchen, die auf Stadien wie Fig. 18 und 20 a hervortreten, sind, wovon uns fortgesetzte Untersuchungen immer fester überzeugt haben (vgl. o.), in den breiten aufgelockerten Chromatinbändern der vorhergehenden Stadien (06 a Fig. 16—18) spiralig aufgerollt oder zusammengefaltet, und eine Längsteilung dieser dünnen Fädchen kann deswegen mit einer solchen der dicken Bänder nicht identisch sein.

Wir sind nun weit davon entfernt, die Möglichkeit zurückweisen zu wollen, dass die Chromosomen, wenn sie sich beim Anfang der Konjugation aus ihrem aufgelockerten Zustande wieder zu wohlbegrenzten Fädchen kondensieren, längsgeteilt sein sollten; denn strikte genommen ist eine Längsspaltung der Chromosomen auf diesem Stadium eine logische Forderung, die sich aus unsrer Auffassung vom Verhalten des Chromatins in Konjugation und in Teilung ergibt. Wir meinen ja mit mehreren andern Forschern annehmen zu müssen, dass die Teilung der Chromatinelemente zu einer Zeit vorsichgeht, wo sie sozusagen »frei« sind, d. h. wenn die Chromosomen aufgelockert sind (vgl. 06 b, S. 483). Da nun aber nach der Bildung der bivalenten Chromatinbügel in den Spermatozyten von *Tomopteris*, ebensowenig wie in denen zahlreicher andrer Tiere, eine Auflockerung der Chromosomen vor den beiden rasch aufeinander folgenden Reifungsteilungen eintritt, so müssen unsrer Betrachtungsweise nach die konjugierenden Chromosomen schon teilungsreif sein.

Während wir nun bei *Myxine* schon auf dem Stadium der bivalenten Chromatinbügel eine Längsteilung der Konjuganten vorgefunden haben (05, S. 233, Fig. 81), ist uns eine solche bei *Tomopteris* (wie bei *Salamandra* und *Spinax*) erst während der Trennung der Konjuganten (Spaltung der bivalenten Chromatinbügel) als sicher nachweisbar vorgekommen (06 a Fig. 32, 34—35, 06 b Fig. 13 a, 63). Und doch haben wir bei ver-

schiedenen Objekten (unter diesen auch *Tomopteris*) eben auf frühen Konjugationsstadien ab und an eine schwach angedeutete Dualität der dünnen Chromatinfädchen zu beobachten geglaubt. Wir haben auf diesen Punkt bis jetzt nicht weiter eingehen wollen, weil es uns vorläufig vor allem darauf ankam, die Grundzüge des Reduktionsvorgangs festzustellen, und weil die schwierige Entscheidung über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein dieser, für unsre Auffassung äusserst wünschenswerten Längsteilung der Fädchen uns noch eingehendere Untersuchungen zu verlangen schien. Auch heute wagen wir uns auf diesem Punkte nicht so positiv zu äussern wie Fick. Es hat uns aber sehr gefreut, dass dieser gewissenhafte Forscher, dessen Unbefangenheit in dieser Frage wohl niemand bezweifeln wird, eine Dualität der Chromosomen auf diesem Stadium gesehen und wohl als erster in der Literatur erwähnt hat — eine Dualität, in der wir nichts anders als die Vorbereitung für ihre in der zweiten Reifungsmitose erfolgende Teilung sehen können.

Angesichts unsrer Darstellung vom Hervorgehen der bivalenten Chromatinbügel durch paarweise parallele Vereinigung der dünnen Fädchen wird von Fick »davor gewarnt zu glauben, die Parallelität der Fädchen müsse in den Präparaten sehr leicht, gewissermassen »auf den ersten Blick« im Mikroskop festzustellen sein. Das ist ganz und gar nicht der Fall. Sehr oft überzeugt man sich vielmehr bei gewissenhafter Prüfung durch vorsichtigste Drehungen an der Mikrometerschraube, dass die scheinbare Parallelität oder Konfluenz bei manchen Fädchen in Wahrheit nur eine sehr schräge Kreuzung ist; man erkennt, »dass das scheinbar parallele Fädchen nach Überkreuzung des andern Fädchens einen andern Weg einschlägt« u. s. w. (Hie und da drängt sich einem beim Studium der betreffenden Stadien, auch der Querschnittsbilder der Gedanke auf, dass manchmal nicht nur zwei, sondern eventuell auch mehr Fädchen an den Balken »konfluieren« konnten; in der Mehrzahl der Fälle scheint eine solche Deutung freilich ausgeschlossen). Jedenfalls ist die exakte Analyse der Präparate nicht so leicht, als es vielleicht manchem auf den ersten Anschein nach den Abbildungen und den überzeugten Schilderungen der Autoren dünkt.

»Der unbefangene Beobachter wird aus den Präparaten und Bildern, glaube ich, nur den Eindruck gewinnen können, dass sich aus dem chromatischen Netzgewirr an der Polseite des Kernes auf der Grundlage feinster paralleler oder miteinander verflochtener Chromatinfädchen »gespaltene«, sich allmählich verdickende Chromatinbalken anlegen«. Freilich ist eine solche Balkenbildung aus miteinander verschmelzenden Chromatinfibrillen

bisher sonst noch nicht beschrieben. Aber diese Darstellung ist eine einfache Beschreibung der unmittelbaren mikroskopischen Beobachtung, während die Darstellung als eine »Konjugation vorher selbständiger Chromosomen« nur eine unbewiesene und wohl einstweilen unbeweisbare Annahme ist. — Von diesen Chromatinbalken lässt sich dann später nachweisen, dass sie nur in der halben Normalzahl vorhanden sind.«

Zu diesen Zurechtweisungen Fick's bezüglich der Deutung und bildlichen Wiedergabe unsrer Präparate haben wir folgendes zu bemerken: Wenn jemand aus unsren Arbeiten über die Chromatinreifung in den Geschlechtszellen den Eindruck bekommen hat, wir hätten es so ganz leicht gefunden, die parallele Konjugation der Chromosomen genau zu verfolgen, so können wir nur bedauern, dem Leser einen so falschen Eindruck gegeben zu haben. Leicht ist nur eben das, was man schon gelernt hat, und wir haben in der Tat sehr viel Zeit und Mühe darauf verwenden müssen, um die meistens überaus verwickelten Bilder aus der Einleitungsphase der Konjugation verstehen und richtig deuten zu lernen. Besonders in den ersten Jahren unsrer Untersuchungen auf diesem Gebiete, als wir uns nur mit ganz wenigen Objekten, und zwar nur mit Wirbeltieren beschäftigten, haben wir, ähnlich wie Fick, sehr oft den Eindruck gehabt, dass sich die Bilder überhaupt nicht auf einigermassen befriedigende Weise deuten liessen [1]. Seitdem haben wir uns aber durch ausgedehnte Untersuchungen eines verschiedenartigen Materials auf diesem Gebiete grössere Erfahrung erworben, so dass wir wohl sagen dürfen, dass wir auch bei einem neuen Objekte, wenn nicht »auf den ersten Blick«, so doch ohne so sehr grosse Mühe, uns durch gute Präparate meistens eine recht klare Vorstellung von den gröberen Zügen der Chromatinveränderungen der Geschlechtszellen zu bilden vermögen.

Was nun unsre »überzeugten Schilderungen« der Chromatinreifung bei *Tomopteris* betrifft, so haben wir, um sie liefern zu können, uns derartig

[1] Vor allem schien auch uns lange der Umstand, dass sich manchmal mehr als zwei Fädchen zu einem dickeren Balken zu vereinigen schienen, die Annahme einer parallelen Konjugation direkt auszuschliessen. Erst nachdem wir die Beobachtung gemacht hatten, dass solche Bilder um so seltener vorkamen, je besser die Kernstrukturen erhalten waren, sind wir über die wahre Bedeutung dieser Bilder klar geworden. Dass auch an den besten Präparaten hie und da Bilder vorkommen können, die allein für sich eine ähnliche Deutung zulassen, wollen wir keineswegs leugnen. Dies wird wohl aber niemand wundern, der die Zartheit und den geschlungenen Verlauf der dünnen, mit einander oft durch recht hervortretende achromatische Fädchen verbundenen Chromatinschlingen dieses Stadiums aus eigener Erfahrung kennt. Die meisten Abbildungen, die von diesem Stadium geliefert worden sind, zeigen ja auch deutlich, in wie hohem Masse diese Kernstrukturen gegen Reagentien empfindlich sind.

in unsre Präparate vertiefen müssen, dass wir behaupten können, dass uns schliesslich kein einziges Bild in unsren recht zahlreichen Präparaten unverständlich war, dass vielmehr alle Bilder vor unsrem inneren Auge zu einer sozusagen lebendigen Einheit zusammenflossen, ähnlich wie die Bilder eines Kinematographen eine pseudolebendige Vorstelluug hervorrufen. Wir können nicht glauben, dass es Fick's Meinung gewesen ist sagen zu wollen, dass wir aus diesen Gründen weniger »unbefangen« geworden sind, und dass unsre Darstellung nicht mehr auf »unmittelbarer mikroskopischen Beobachtung« fusst?

Mit Rücksicht auf den Ausdruck Fick's, dass »die exakte Analyse der Präparate« nicht so leicht sei, als es nach unsren Abbildungen erscheinen könnte, sei es uns gestattet, einige allgemeinere Bemerkungen über die Beurteilung und den Wert von Abbildungen nach zytologischen Präparaten mit starken Vergrösserungen hinzuzufügen.

Wie wohl jeder, der sich mit solchen Darstellungen beschäftigt hat, wissen wird, ist es in den meisten Fällen ganz einfach unmöglich, selbst durch die genaueste Zeichnung aller Konturen einer Zelle ein Bild zustande zu bringen, dass auf unsre Wahrnehmung genau denselben Eindruck macht, wie die Zelle selbst. Die Zeichnung ist ja in einer Ebene gelegen und wird mit einem Blicke aufgefasst; um aber die Zelle selbst, oder einen Teil von ihr, analysieren zu können, ist man fast immer genötigt, die Mikrometerschraube in stetiger Bewegung zu halten; was einer gegebenen Einstellung nicht entspricht, sei es oberhalb oder unterhalb der untersuchten Ebene gelegen, erscheint ja »auf den ersten Blick« auf gleiche Weise verschwommen und tritt erst bei entsprechender Drehung der Schraube in richtigem Verhältnis hervor[1]. Es ergibt sich hieraus, dass man bei Untersuchung einer Zelle im Mikroskop viel mehr herausfinden kann, als sich in einer Zeichnung darstellen lässt, dass aber auf der andern Seite eine Zeichnung meistens einen klareren Eindruck der Verhältnisse geben kann, als die unmittelbare Betrachtung der Zelle selbst.

Wenn man somit in den meisten Fällen nicht alles in einer Zeichnung darstellen kann, was aus einer Zelle, oder sagen wir einem Kerne, zu ersehen ist, so erfolgt hieraus, dass man sich vor Anfang der Zeichnung überlegen muss, wie man sein Objekt am besten »nehmen« soll. Dass hierdurch ein bis zu einem gewissen Grade willkürliches Moment mit im Spiele ist, ist zu bedauern, lässt sich aber nicht vermeiden.

In der Hauptsache kann man nun beim Zeichnen eines zytologischen Gegenstands, z. B. eines Kerns, auf drei verschiedene Weisen verfahren,

[1] Hieraus ergibt sich auch der Vorteil guter Zeichnungen gegenüber mikrophotographischen Wiedergaben.

nämlich 1. Man zeichnet alles, was durch Einstellung auf den verschiedenen Ebenen des Kerns ermittelt werden kann (Totalbilder). Dies lässt sich nur in Fällen durchführen, wo die Verhältnisse relativ einfach vorliegen, wo z. B. die Zahl der Chromosomen relativ klein ist, und wo sie ausserdem als wohlbegrenzte Körper hervortreten, seltener mit Vorteil in Fällen, wo nur eine kleinere Kuppe eines komplizierter gebauten Kerns im Schnitte vorhanden ist. 2. Man zeichnet alles, was man bei einer bestimmten Einstellung sieht (Flächenbilder); solche Bilder können vor allem nützlich sein, wenn es darauf ankommt, von der Zahl mehrerer einen Kern ziemlich regelmässig und ungefähr senkrecht zur Schnittebene durchziehender Fäden eine richtige Vorstellung zu geben (vgl. 06, Fig. 20 i, vorl. Arbeit Fig. 6, 7 u. 20). Von komplizierteren Kernstrukturen können aber solche Zeichnungen meistens nur eine sehr dürftige Vorstellung liefern. 3. In der ganz überwiegenden Mehrzahl der Fälle muss man aber, um die ermittelten Verhältnisse einigermassen befriedigend darstellen zu können, auf die Weise verfahren, dass man die am klarsten hervortretenden und am sichersten verfolgbaren Chromatinzüge durch Drehungen der Mikrometerschraube in möglichst grosser Ausdehnung durch den Kern verfolgt, solche Züge aber, die sich weniger sicher verfolgen lassen und die Klarheit des Bildes nur stören würden, ganz einfach bei der Zeichnung weglassen (Detailbilder).

Auf diese letztere Weise, oder häufig mit einer Kombination der beiden letzteren Weisen, sind nun die meisten unsrer Zeichnungen, sowohl von *Tomopteris* wie von andern Objekten (und wohl überhaupt die meisten Zeichnungen nach zytologischen Präparaten) ausgeführt worden. Es ist eine Folge von den verschiedenen Rücksichten, die sich dabei geltend machen (indem sowohl der gesamte, »unmittelbare« Eindruck des Präparats, als die durch Analyse desselben ermittelten Einzelheiten wiedergegeben werden sollen), dass die meisten Zeichnungen in einer Richtung etwas mehr, in anderer aber entschieden weniger als das Präparat selbst hergeben: sie legen die Verhältnisse in klarerer und übersichtlicherer Weise dar als das Präparat; indem sie aber nicht alle Details wiedergeben können, verlieren sie einen guten Teil von dem, was die verschiedenen Stadien des Präparats gegeneinander charakterisiert.

Was nun besonders unsre Zeichnungen betrifft, so ist es sehr wohl möglich, dass es andern Forschern besser als uns gelingen könnte das charakteristische Gepräge der Stadien in ihren Abbildungen zur Darstellung zu bringen; denn selbst fühlen wir uns in dieser Hinsicht von unsren Bildern nicht befriedigt; vor allem was die verwickelten Verhältnisse des Chromatins während der Einleitungsphase der Konjugation betrifft, müssen

wir mit grösster Bestimmtheit behaupten, dass sie dem Untersucher, der sich einmal mit ihnen vertraut gemacht hat, aus guten Präparaten in viel charakteristischerer und überzeugenderer Weise entgegentreten, als aus unsern Zeichnungen.

Wenn nun Fick nach Untersuchung unsrer Präparate zu dem Resultate gelangt ist, dass »eine Konjugation vorher selbständiger Chromosomen nur eine unbewiesene und wohl einstweilen unbeweisbare Annahme ist«, so ist es uns nicht möglich, diese seine sehr negative Haltung anders zu erklären als dadurch, dass er sich mit den betreffenden Stadien unsrer Präparate nicht richtig vertraut gemacht hat. Die Schilderung, die dieser Forscher von seiner »unmittelbaren mikroskopischen Beobachtung« dieser Stadien gibt, überzeugt uns noch mehr davon, dass das charakteristische Gepräge derselben ihm entgangen ist. Fick findet nämlich, dass auf der Grundlage feinster Chromatinfädchen »sich allmählich verdickende Chromatinbalken« angelegt werden, von denen es sich später nachweisen lässt, dass sie in reduzierter Zahl vorhanden sind.

Aus dieser Beschreibung gewinnt man entschieden den Eindruck, dass nach Fick in Kernen, wo dicke »Chromatinbalken« und »feinste Chromatinfädchen« nebeneinander vorhanden sind, auch alle Übergänge zwischen diesen oder jedenfalls Balken von sehr verschiedener Dicke aufgefunden werden können. Wenn dies Fick's Auffassung ist, so können wir nur sagen, dass unsre Präparate einer solchen Auffassung keinen Anhaltspunkt geben; denn in Zellen mit dünnen und dicken Chromatinbändern nebeneinander findet man eben nur zwei Arten von Chromatinbändern, dünne und dicke. Die dicken Bänder zeigen von Anfang an mehr als die doppelte Dicke von der der dünnen (vgl. 06 a S. 15) und erleiden während der Zeit, wo dünne Fädchen noch im Kerne vorhanden sind, keine wesentliche Verdickung (vgl. Fig. 12 und Fig. 18). Dagegen findet man alle Übergänge von Kernen, in denen viele dünne und wenige dicke Chromatinbalken vorhanden sind, zu solchen, die nur dicke Balken aufweisen.

Ferner lässt sich in günstig gelegenen, d. h. von der Seite gesehenen Kernen mit voller Sicherheit feststellen, dass die dicken Balken von Anfang an, an der Polseite des Kernes immer frei endigen, während man sich sehr häufig davon überzeugen kann, dass sie an ihrem andern Ende in zwei dünne Fädchen auslaufen (vgl. Fig. 20 b, c, e 06 a, Fig. 12 dieses Aufsatzes).

Sehr instruktiv und für das Verständnis der Bildungsweise der bivalenten Chromatinbügel äusserst wertvoll sind die Bilder, die man von Kernen gewinnt, in denen die Vereinigung der dünnen Chromatinfädchen

fast vollendet ist. Hier treten die dünnen Fädchen zwischen den dicken Bügeln sehr klar hervor, und es gelingt in solchen Kernen, worauf wir schon in unsrer früheren Arbeit (06 a, S. 15—16) aufmerksam gemacht haben, gar nicht selten Fädchen herauszufinden, die an ihren Polenden vereinigt sind, sich aber an ihren mittleren Partien weit spreizen (vgl. Fig. 15—18). In andern Fällen aber sind die Polteile der Fädchen nur an der einen Seite miteinander vereinigt (vgl. Fig. 23 und 25 06 a, Fig. 13 d. A.). Auch wo die Chromatinfädchen im Schnitte nicht von Pol zu Pol zurück verfolgt werden können, gehört es zu den häufigsten Erscheinungen, dass zwei dünne Fädchen zu einem dicken Balken zusammenlaufen (Fig. 14, 16—18); nie wird man auf diesem Stadium den Eindruck gewinnen können, dass mehr als zwei dünne Fädchen sich zu einem Balken vereinigen.

Es ist uns auffallend gewesen, dass Fick in seiner Besprechung unsrer Arbeit diese sehr charakteristischen Bilder mit keinem Worte erwähnt hat [1].

Zum Schluss müssen wir Fick's Schilderung gegenüber betonen, dass sich gleich nach der Fertigbildung der dicken Balken, manchmal schon etwas früher, mit Sicherheit nachweisen lässt, dass sie in der Zah von 9, d. h. in reduzierter Zahl vorhanden sind.

Wenn wir diese ganz unzweifelhaften Tatsachen damit zusammenhalten, dass vor der Bildung der dicken Balken das Vorhandensein von 18 freien Chromatinschlingen in den Kernen mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden muss (vgl. oben), so müssen wir offen fragen, wie es möglich sein kann, ohne direkt behaupten zu wollen, dass wir unsre Bilder durchaus falsch gedeutet und die Stadien durcheinander geworfen haben, diese Befunde auf andre Weise als durch die Annahme einer parallelen Konjugation vorher selbständiger Chromosomen zu deuten.

* * *

Wir glaubten in unsrer Tomopterisarbeit an der Hand einer kontinuierlichen Reihe unzweideutiger Bilder in klarster Weise zur Darstellung gebracht zu haben, wie in den männlichen Geschlechtszellen dieses Tieres die bivalenten Chromosomen der ersten Reifungsteilung durch Längsspaltung der in reduzierter Zahl vorhandenen Chromatinbügel der vorhergehenden Stadien gebildet werden.

---

[1] Sämtliche Bilder dieses Aufsatzes sind aus Präparaten gezeichnet, die Herr Professor Fick zur Durchsicht gehabt hat.

Es hat uns deswegen nicht wenig überrascht, aus dem Referat, das Goldschmidt über unsre Arbeit im Zool. Zentralbl. geliefert hat, zu sehen, dass dieser Forscher, der doch meint aus unsren Abbildungen »sich auch ohne Kenntnis der Präparate ein gutes Bild von diesen« machen zu können, die Resultate seines »sorgfältigen Studiums« dieser Abbildungen folgendermassen zusammenfasst: »die merkwürdigen Bilder in der Pro- und Metaphase der ersten Reifeteilung werden viel ungezwungener auf Montgomery's Weise erklärt (Conjugation end to end, Tetradentypus des Ref.). Und es ist im ganzen Verlaufe keine Phase vorhanden, die dagegen spräche; denn die doppelte Längsspaltung, die einmal angedeutet sein soll, die allerdings entscheidend wäre, wird von den Verff. selbst nur sehr vorsichtig beschrieben. Ref. kennt selbst von andern Objekten ganz ähnliche Bilder, die in den Prophasen die Tetradenbildung deutlich zeigen (end to end).«

Es fällt uns sehr schwer zu verstehen, wie Goldschmidt, auch wenn er unsre Schilderung vom Hervorgehen der bivalenten Schlingen durch parallele Konjugation zweier dünnen Fädchen als unbewiesen betrachtet (vgl. o. S. 5), meinen kann, dass wir auch im weiteren Verlauf der Reifung keine Phase beschrieben haben, die gegen eine endweise Konjugation spräche, und dass sich unsre Bilder sogar »viel ungezwungener« durch eine solche erklären lassen.

Auf welche Weise denkt sich denn eigentlich Goldschmidt, dass aus unsren Fig. 20 h—i, 26 und 29—37, die doch, wie wir meinen, eine Längsspaltung und nachträgliche Kontraktion der Schlingen ganz unzweideutig illustrieren (vgl. auch Fig. 19—26 d. A.), eine endweise Konjugation herausgelesen werden sollte?

Er müsste dann wohl von den in unsren Fig. 20 h—i, 26 und 29—35 wiedergegebenen Bildern, die vom Stadium der bivalenten Schlingen (Fig. 27—28) zu Stadien wie denen der Fig. 36 und 37 kontinuierlich überleiten, ganz absehen und, ähnlich wie Montgomery (03, 04) bei Amphibien und mehreren andern Objekten verfahren ist, diese letzteren Stadien direkt an das Stadium der bivalenten Bügel anknüpfen.

Wir gestatten uns die Frage an Goldschmidt zu richten, ob dies seine Meinung gewesen ist, und wenn dem so ist, auf welche Weise er dann die in Fig. 20 h—i, 26 und 29—35 von *Tomopteris* abgebildeten Stadien, die bei allen andern uns bekannten Objekten ihr Gegenstück finden, deuten will.

Goldschmidt gibt zu, dass eine doppelte Längsspaltung der dicken Chromatinschlingen für die Richtigkeit unsrer Auffassung entscheidend wäre, findet aber, dass wir eine solche so vorsichtig be-

schrieben haben, dass darauf nur wenig Gewicht gelegt werden kann. Goldschmidt scheint hier auf unsre Vorsichtigkeit zu viel Gewicht gelegt zu haben; S. 20 äussern wir uns hierüber: »Ab und zu vermag man an den Spalthälften der bivalenten Chromosomen eine schwache Längsteilung wahrzunehmen«; in Fig. 20 h, 31 und 32 haben wir diese Längsteilung recht deutlich zur Darstellung gebracht. S. 23 heisst es weiter: »Die Längsteilung der Schwesterbügel, die während ihrer Entfernung von einander auftrat, ist auch während der späteren Prophase zu erkennen«.

Diese unsren Äusserungen sind doch recht positiv, und wir verstehen nicht recht, wie sie, besonders mit unsren Abbildungen zusammengehalten, zu der Auffassung Anlass geben können, wir hielten die doppelte Längsteilung der bivalenten Chromosomen für fraglich. Es kann ja auch Goldschmidt unmöglich unbekannt sein, dass eine ganz entsprechende doppelte Längsteilung der bivalenten Chromosomen in den Geschlechtszellen zahlreicher andern Tiere vorgefunden wird, und dass ein Teilungsmodus der bivalenten Chromatinbügel, wie der von uns für *Tomopteris* geschilderte, bei vielen Objekten jetzt als sichergestellt angesehen werden muss. Wenn Goldschmidt selbst »von andern Objekten ganz ähnliche Bilder« aus der Prophase der ersten Reifungsteilung nach endweiser Konjugation der Chromosomen zu kennen meint, so möchten wir von ihm gern erfahren, auf welche Objekte er hier zielt.

Wenn Fick im Besitz unsrer Präparate das oben zitierte Urteil Goldschmidts ohne die geringste Reservation im Wortlaut anführt (S. 65), so müssen wir wohl dies auf die Weise deuten, dass auch er unsrer Darstellung vom Hervorgehen der bivalenten Chromosomen der ersten Reifungsteilung aus den Doppelbügeln gegenüber dieselbe skeptische Haltung wie Goldschmidt einnimmt.

* * *

Während Fick und Goldschmidt[1], wie man aus ihren oben angeführten Äusserungen gesehen haben wird, sich zwar der Richtigkeit unsrer Darstellung von der Chromatinreifung sehr zweifelnd gegenüber stellen, die Möglichkeit ihres Zutreffens aber doch nicht völlig haben leugnen

[1] In seiner neuen Arbeit (Über das Verhalten des Chromatins bei der Eireifung und Befruchtung des Dicrocoelium lanceatum Stil. et Hass. (Distomum lanceolatum), *Archiv f. Zellforsch.* Bd. I Heft 1), die uns nach Abschluss des vorliegenden Aufsatzes durch die Freundlichkeit des Verfassers im Korrekturabdruck zugänglich war, präzisiert Goldschmidt seinen Standpunkt, sowohl der Annahme einer parallelen Konjugation der Chromosomen im allgemeinen als den, die letztere behandelnden Arbeiten im besonderen gegenüber, genauer. „Wenn ich selbst", schreibt er hier, „auch nicht auf so ganz ablehnendem Standpunkt der Chromosomenkonjugation gegenüberstehe wie Meves,

wollen, so stellt sich Meves in dieser Hinsicht auf einen viel entschiedeneren Standpunkt. Nach diesem Forscher soll nämlich unsre Schilderung einer parallelen Konjugation direkt auf unrichtige Beobachtungen und falsche Kombinationen gebaut sein.

Obwohl wir eigentlich mit unsrer recht ausführlichen Erwiderung der Kritik von Fick und Goldschmidt auch gleichzeitig auf die Einwände, die von Meves gegen die Richtigkeit unsrer Schilderung erhoben sind, geantwortet haben, so veranlassen uns doch die Gründe, die Meves für seine ablehnende Haltung anführt, zu einigen Bemerkungen.

Aus eignen Untersuchungen kennt Meves von unsren Objekten wohl nur *Salamandra*. Er scheint aber von der, unsrer Meinung nach vollkommen berechtigten Auffassung zu sein, dass der Forscher, der sich mit dem Reifungsvorgang bei einem Objekte vertraut gemacht hat, durch die Darstellungen andrer Forscher sich auch von den Verhältnissen bei ihm fremden Objekten eine selbständige Meinung zu bilden vermag. Wenn somit Meves unsre an *Myxine*, *Tomopteris* u. a. Objekten gewonnenen Resultate im Lichte seiner eignen Erfahrungen von *Salamandra* beurteilt, so haben wir dagegen nichts einzuwenden, umsoweniger als wir ja selbst betont haben, dass die Chromatinreifung bei allen diesen Objekten auf ähnliche Weise verläuft.

Die Frage ist aber, ob sich Meves auch wirklich mit den Chromatinveränderungen in den Spermatozyten von *Salamandra* vertraut gemacht hat.

Wie wir in einer früheren Arbeit (06 b) hervorgehoben haben, ist die Schilderung, die Meves in seiner Salamanderarbeit (97) im Anschluss an Flemming (87) vom Hervorgehen der bivalenten Chromosomen der ersten Reifungsteilung aus den dicken Chromatinbalken geliefert hat, im grossen und ganzen zutreffend, und die Einwände, die von Montgomery (03) und Farmer und Moore (03, 05) gegen diese Schilderung erhoben worden sind, beruhen, wie wir im Anschluss an Janssens u. Dumez (03) hoffen klar bewiesen zu haben, nur auf völligem Übersehen einer Reihe wichtiger Stadien.

---

vielmehr die Möglichkeit ihres Vorhandenseins zugebe, so muss ich doch in der Deutung der bisher vorliegenden Befunde mich ganz mit jenem einverstanden erklären. Auch ich glaube — und das gleiche hat kürzlich Fick in besonders scharfer Weise ausgesprochen —, dass alle bisherigen Angaben über Konjugation sich auf eine frühzeitige Längsspaltung des Chromatins beziehen und dass keine Angabe vorliegt, die man nicht mit ebenso viel Berechtigung in dieser Weise deuten könnte".

Wir können uns dieser Auffassung Goldschmidts gegenüber auf den Hinweis auf unsre w. u. folgende Erwiderung des gleichlautenden Urteils von Meves beschränken.

Dagegen ist es Meves nur in sehr unvollkommener Weise gelungen, das nähere Verhalten und die Bedeutung der dicken Chromatinbalken, vor allem ihr Hervorgehen, ins reine zu bringen.

Nach seiner Darstellung besteht die Kernstruktur der jungen Spermatozyten von *Salamandra* »aus groben rundlichen oder eckigen Chromatinklumpen und einem Lininfadenwerk. Beim Übergang in das Ruhestadium beginnen nun die Chromatinklumpen ein zackiges Aussehen anzunehmen, augenscheinlich, indem die von ihnen abgehenden Lininstränge sich mit Chromatin beladen. Es erscheint ein ausserordentlich dichtes Chromatingerüst, das sich aus unregelmässig geformten Knoten und dünnen Bälkchen zusammensetzt (Fig. 40—43). Derartige Bilder treten in der Entwicklung der Samenzellen zum ersten Male auf; in ihnen haben wir die Ruhestadien der Spermatozyten vor uns« (S. 32). »Nach Ablauf der Wachstumsperiode beginnt die Zelle in die erste Reifungsteilung einzutreten. Das Chromatingerüst des Kerns gewinnt mehr und mehr ein gleichmässiges Aussehen, indem die Knoten verschwinden, und der Umfang der Chromatinbalken sich ausgleicht. Schliesslich haben wir einen ausserordentlich engen feinfädigen Knäuel und damit das erste Stadium der ersten Reifungsteilung vor uns (Fig. 44) . . . . . Diese engen feinfädigen Knäuel lockern sich nun immer mehr auf, bis aus ihnen schliesslich die zuerst von Flemming beschriebenen dickfädigen Knäuel (Fig. 45, 47—49) hervorgehen, die (Flemming) aus »dicken Strängen bestehen, welche in ziemlich gleichen Abständen und im ganzen in leicht gewundener Form angeordnet sind«« (S. 37).

Wie aus diesen Zitaten hervorgeht, sollen sich nach Meves, von einer grösseren Dichtheit des Chromatingerüsts der ruhenden Spermatozyten abgesehen, die Kernveränderungen, die der ersten Reifungsteilung vorangehen, eigentlich in keiner wesentlichen Hinsicht von denjenigen unterscheiden, die jede andre Kernteilung einleiten. Meves ist denn auch der Meinung, dass beide Reifungsteilungen Äquationsteilungen sind (S. 64).

Diese Darstellung von Meves ist aber, wie in erster Reihe die vorzüglichen Untersuchungen des bekannten belgischen Zytologen Janssens klar bewiesen haben, durchaus unzutreffend.

Durch die Untersuchungen von Janssens (01) wurde erstens die äusserst wichtige Tatsache festgestellt, dass der »dickfädige Knäuel« von Flemming und Meves aus 12, d. h. in der halben Normalzahl der Chromosomen vorhandenen, U-förmigen Chromatinbügeln besteht. (Janssens bemerkt mit vollem Rechte, dass die Abbildung, die Meves von diesem Stadium — »stade du bouquet« von Janssens — geliefert hat, »n'en dit presque rien«).

Weiter vermochte Janssens eine polare Orientierung der Chromatinfäden während der Bildung der dicken Bügel sowie eine deutliche Dualität der Polteile dieser in Bildung begriffenen Bügel festzustellen — Verhältnisse, die von Meves ganz übersehen waren.

Janssens diskutiert schon im Jahre 1901, also kurz nach dem Erscheinen der bahnbrechenden Arbeit v. Winiwarters, die Möglichkeit einer parallelen Konjugation bei seinen Objekten, findet aber, wie auch in seiner nächstfolgenden Arbeit (03), dass sich für eine solche Annahme noch kein sichrer Beweis beibringen lässt. Indessen sind die Abbildungen von Janssens so vorzüglich naturgetreu ausgeführt und augenscheinlich aus einer so durchdringenden Analyse der Präparate hervorgegangen, dass wir (04, 05 a), nachdem wir uns mit dem Konjugationsvorgang bei verschiedenen andern Wirbeltieren, die in dieser Hinsicht günstigere Untersuchungsobjekte als die Amphibien darstellen, bekannt gemacht hatten, aus ihnen schliessen konnten, dass eine parallele Konjugation auch bei den Amphibien statthaben musste.

In seiner letzten Arbeit hat dann Janssens (05) eine eingehende Schilderung des Hervorgehens der bivalenten Chromatinbügel bei *Batrachoseps* durch parallele Konjugation geliefert, und seine Darstellung, deren Richtigkeit durch unsre Untersuchungen (06 b) an dem Objekt von Meves, nämlich *Salamandra*, vollkommen bestätigt worden ist, stimmt auch in allen wichtigen Punkten mit unsren an *Tomopteris* gewonnenen Resultaten überein.

Wenn Meves von allen den Stadien, die der Bildung der bivalenten Bügel vorangehen, nur einen so äusserst oberflächlichen Eindruck bekommen hat, so mag wohl der Grund hierzu darin liegen, dass er, wie seine »überaus klaren Zeichnungen« deutlich zeigen, alle Kerne mit komplizierten Strukturen nur bei einer Einstellung studiert hat, die verflochtenen Chromatinzüge aber nirgends längere Strecken durch die Kerne verfolgt hat. Seine Zeichnungen (vgl. z. B. Fig. 41—44) machen auf uns einen eigentümlich »flachen« Eindruck und scheinen nur dünne Kernscheiben wiederzugeben (»Flächenbilder«, vgl. o.).

Obwohl es somit Meves nicht gelungen ist, die eigentümlichen Kernstrukturen der jungen Spermatozyten auch nur annähernd zu analysieren, so hat er doch von diesen Kernen insoweit einen richtigen Eindruck bekommen, als er erkannt hat, dass in ihnen Bilder zum Vorschein kommen, die in der Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen hier zum ersten Male auftreten, indem nämlich das Kerngerüst der Spermatozyten »dichter« als in der Ruheperiode der Spermatogonien ist.

Um so auffallender muss es dann aber erscheinen, dass Meves, wenn wir ihn recht verstanden haben, von der bestimmten Auffassung ist, dass diese Ruheperiode der Spermatozyten derselben Natur ist, wie die der vorangehenden Generationen. Es scheint ihm überhaupt gar nicht in den Sinn gekommen zu sein, dass diese Eigentümlichkeit der Spermatozytenkerne damit in kausalem Zusammenhang stehen könnte, dass aus diesem Kerngerüst 12 anstatt sonst 24 Chromosomen schliesslich hervorgehen. Es ist ihm auch keineswegs auffallend erschienen, dass das Kerngerüst vor der Bildung 12 grosser Chromosomen dichter war als vor der Bildung 24 kleinerer!

Immerhin soll man sich doch nicht so sehr wundern, dass es im Jahre 1896 Meves nicht gelang, in die verwickelten Kernstrukturen der Reifungsperiode bei seinem, in dieser Hinsicht wenig günstigen Objekt tiefer einzudringen; haben doch erst die grossen Fortschritte, die das letzte Dezennium auf diesem Gebiete der Forschung gebracht hat, allmählich eine schärfere Fragestellung ermöglicht, und haben wir doch, was speziell die Chromatinreifung bei den Amphibien betrifft, gesehen, wie dieselbe seit dem Erscheinen der Arbeit von Meves von zahlreichen Forschern eingehenden Prüfungen unterworfen, aber erst durch die Untersuchungen der letzten Paar Jahre einigermassen klargelegt worden ist.

Wenn aber Meves (07) in seiner im letzten Sommer erschienenen Arbeit, nachdem er hat verfolgen können, wie ein so ausgezeichneter Beobachter und zugleich so vorsichtiger Forscher, wie Janssens, der unter allen jetzt lebenden Zytologen wohl unstreitig als der beste Kenner der Geschlechtszellen der Amphibien angesehen werden muss, durch ausgedehnte und mühevolle Untersuchungen an einer ganzen Reihe von Amphibien sich mit Rücksicht auf die Frage von der Bildung der bivalenten Chromosomen allmählich aus Zweifeln zu voller Klarheit durchgekämpft hat, und nachdem er weiter gesehen hat, wie andre auf diesem Gebiete nicht ganz unerfahrne Forscher durch Untersuchungen, die von denen von Janssens unabhängig ausgeführt wurden, zu ähnlichen Resultaten an seinem eignen Objekt (*Salamandra*) gelangt waren, wiederum die Frage von der Chromatinreifung zur Erörterung aufnimmt und sich dabei mit grösster Schärfe gegen die von Janssens und uns verfochtene Auffassung wendet — dann fragt sich der Leser mit einer gewissen Spannung, welche neuen Tatsachen dieser auf dem Spezialgebiete der Spermiogenese, vor allem der der Amphibien hoch geschätzte Forscher für seine ablehnende Haltung darzubringen vermocht hat.

Von solchen Tatsachen wird man aber im Aufsatz von Meves keine finden.

Zwar hat Meves seine frühere Auffassung insofern geändert, als er jetzt zugibt, dass die dicken Chromatinbügel der Spermatozyten von *Salamandra* schon während ihrer Bildung eine polare Orientierung und eine »anscheinende Längsspaltung« zeigen; weiter wird der »ausserordentlich enge, feinfädige Knäuel«, der früher als Anfangsstadium der ersten Reifungsteilung beschrieben wurde (vgl. o. S. 20), jetzt mit Stillschweigen übergangen. Diese »neuen Erfahrungen« von Meves stimmen aber mit den alten von Janssens (01) vollkommen überein, und sie sollten als Grundlage für einen Angriff auf die Auffassung von Janssens und uns a priori wenig geeignet erscheinen. Was Meves gegen uns ins Feld zu führen hat, ist denn auch ganz negativer Art:

Wenn wir gemeint haben, auch bei *Salamandra*, ähnlich wie bei *Tomopteris*, die einzelnen Chromosomen von der letzten Spermatogonienteilung an bis zum Anfang der Konjugation verfolgen zu können [1], so

[1] Um jedes Missverständnis zu vermeiden möchten wir in dieser Verbindung über das Verhalten der Chromosomen in den jungen Oo- und Spermatozyten folgende Bemerkungen hinzufügen.

Als wir in den Spermatozyten von *Tomopteris* zuerst darauf aufmerksam wurden, dass sich die Chromosomen mit grösster Wahrscheinlichkeit von der letzten Spermatogonientelophase an bis zum Anfang der Konjugation verfolgen liessen, machte uns diese Entdeckung eine grosse Freude. Wir müssen aber betonen, dass wir sie nicht nötig gehabt hätten, um uns von dem Vorhandensein einer parallelen Konjugation bei unsrem Objekte zu überzeugen; hatten wir doch schon früher diesen Vorgang für andre Objekte beschrieben, ehe wir daran gedacht hatten, die Chromosomen während der vorhergehenden Auflockerungsperiode verfolgen zu können.

Diese Entdeckung hat unsres Erachtens überhaupt mit der speziellen Frage von der parallelen Konjugation wenig zu tun, und wenn sich auch bei keinem Objekte die einzelnen Chromosomen während der betreffenden Periode verfolgen liessen, so würde unsre Beweisführung für das Vorhandensein einer parallelen Konjugation davon in keiner Weise beeinträchtigt werden. Dagegen ist es natürlich für die Hypothese von der Individualität der Chromosomen von grosser Bedeutung, wenn sich feststellen lässt, dass die Chromosomen während eines ganzen Chromatincyklus ihre Abgrenzung gegeneinander bewahren, obwohl auch hier ein negativer Befund keineswegs als Beweis gegen die Richtigkeit der Theorie gelten kann.

Worauf kann es nun beruhen, dass sich die Chromosomen während dieser Auflockerungsperiode besser voneinander unterscheiden lassen, als in andern? Wir nehmen ja an, dass die Chromatinelemente auch während dieser Periode bis auf ihre doppelte Grösse anwachsen, und dass somit die der Konjugation vorhergehende Auflockerungsperiode einer gewöhnlichen „Ruheperiode" entspricht (vgl. o. S. 4).

Die Antwort ist, wie wir annehmen müssen, im Verhalten des Zytozentrums zu suchen. Während dies in gewöhnlichen Ruheperioden wahrscheinlich eine zu den Chromosomen „indifferente Lage" (vgl. 06 b, S. 471) in der Zelle hat, scheint es sich in den jungen Zellen der Reifungsperiode im Verhältnis zur Kernachse so lange zu verschieben, bis es ausserhalb der freien Enden der Chromosomen seine Lage bekommt und somit auf dieselben wieder einen richtenden Einfluss zu üben anfängt.

Die Deutlichkeit, mit der sich die Chromosomen während dieser Periode voneinander unterscheiden lassen, wird dann wahrscheinlich von der Schnelligkeit, mit der sich die Verschiebung des Zentrums vollzieht, weiter von der Zahl der Chromosomen, vielleicht auch von andern Faktoren abhängig sein.

stellt sich Meves einem solchen Gedanken »verständnislos gegenüber«, denn so etwas ist ihm an seinen Präparaten nicht gelungen. Und wenn wir eben mit Rücksicht auf diesen Punkt geäussert haben: »Es lässt sich nicht leugnen, dass dieser Umbildungsprozess der Chromosomen bei *Salamandra* nur schwer von Stufe zu Stufe zu verfolgen ist, und wenn wir nicht mit dem entsprechenden Prozesse von *Tomopteris* bekannt gewesen wären, hätten wir kaum die Bilder auf diese Weise gedeutet« (06 b, S. 425), so fühlt er sich hierdurch in seiner Sicherheit keineswegs erschüttert, geschweige denn dazu veranlasst, die Verhältnisse bei einem in dieser Hinsicht günstigeren Objekte zu untersuchen, ehe er sich über diese Frage äusserte.

Wenn Janssens und wir die Bildung der bivalenten Chromatinbügel durch paarweise Vereinigung je zweier dünnen Fädchen bei unsren Objekten Schritt für Schritt verfolgt und durch zahlreiche Abbildungen illustriert haben, so bedeutet dies für Meves nichts; denn an seinen Präparaten hat er etwas ähnliches nicht sehen können, und seine Bilder scheinen ihm sogar die Möglichkeit einer parallelen Konjugation direkt auszuschliessen: »Schon die in der Zeichnung nicht wiederzugebende, ausserordentliche Dichtheit des Kerngerüstes, sowie die zahlreichen, zwischen den Fäden vorhandenen Querverbindungen (die sich zum Teil noch bis nach Auflösung der Kernmembran erhalten) lassen es meines Erachtens ausgeschlossen erscheinen, dass zwei Fäden sich der Länge nach aneinander lagern und sich vereinigen könnten; die Fäden besitzen auf diesem Stadium überhaupt gar nicht die Möglichkeit freier Bewegung[1], wie sie etwa den fertigen Chromosomen nach Auflösung der Kernmembran zukommt« (07, S. 461).

Wir müssen Meves zugeben, dass selbst Götter gegen dieses Argument vergebens kämpfen würden!

Was nun die Dualität der in Bildung begriffenen bivalenten Chromosomen betrifft, so ist diese nach Meves »überhaupt nur eine anscheinende; es handelt sich nicht um je ein Paar von parallel verlaufenden Fäden, sondern um je einen Faden, welcher längsgespalten ist, bez. eine zweireihige Anordnung der Chromatinkörner aufweist« (l. c.). Was Janssens, wir und eine Reihe andrer Forscher als eine parallele Konjugation beschrieben haben, ist nur eine prophatische Längsteilung, und unsre Befunde bestätigen somit nach der Meinung von Meves »nur für die erste Teilung der Oo- bez. Spermatozyten, was Flemming zuerst für diejenige von Somazellen nachgewiesen hat: dass die Längsspaltung schon

[1] Von uns gesperrt.

sehr früh auftritt, bezw. (Flemming, schon 87, S. 448) »in den Fäden »praeformirt« ist« (S. 462). Meves vergisst in dieser Verbindung zu erwähnen, dass wir (06 b, S. 437) diese prophatische Längsspaltung auf einem noch früheren Stadium als Flemming zu erkennen gemeint und auf diesen Punkt gewisses Gewicht gelegt haben. Es wäre doch wohl recht eigentümlich, wenn wir eben in diesem Falle die wahre Natur der Dualität der Fäden so völlig verkannt hätten!

Wir bitten den unbefangenen Leser, einen Blick auf die an Taf. IV von Janssens (05) oder die in unsren Fig. 12—18 wiedergegebenen Bilder, wo die Vereinigung der sich zum Teile weit spreizenden Fädchen dargestellt ist, zu werfen, um den Wert dieser Behauptung von Meves zu prüfen. Erinnern diese Bilder auch im entferntesten an die von Meves in seinen Fig. c—d nach Flemming reproduzierten?

Wenn Meves eine Ähnlichkeit zwischen den betreffenden Bildern Flemmings und denen aus der Konjugationsperiode findet, so kann dies nur darauf beruhen, dass er sich mit den letzteren nur in sehr oberflächlicher Weise bekannt gemacht hat.

Wenn nun aber Meves für ein ihm so ganz fremdes Objekt wie *Myxine* nicht so weit hat gehen wollen, unsre Bilder, durch die wir das Zustandekommen der parallellen Konjugation darzustellen versucht haben, für direkt unrichtig zu erklären, so steht er auch hier nicht ratlos; unsre Darstellung der Chromatinveränderungen in den Spermatozyten dieses Tieres wird in folgender kategorischen Weise abgefertigt: »Wenn ich die dieser Arbeit beigegebenen Figuren betrachte, komme ich zu dem Resultate, dass A. und K. E. Schreiner nur durch eine irrtümliche Seriierung ihrer Figuren zu der Annahme einer parallelen Kopulation gelangt sind« (07, S. 456—57). Die Bilder, die wir als Einleitungsstadien der parallelen Konjugation aufgefasst haben, sollen nach seiner Meinung erst nach dem Stadium der bivalenten Schlingen einzureihen sein und somit Spaltungsstadien darstellen.

Es ist uns sehr auffallend gewesen, dass Meves, wenn er über die Seriierung unsrer Bilder ein Urteil fällen will, nur auf die Figuren in unsrer ersten Myxinearbeit, wo wir nach eigener Aussage (06 b, S. 449) die Verhältnisse nicht erschöpfend und zum Teil nach unvollkommen konservierten Präparaten dargestellt haben, Rücksicht nimmt, dagegen die viel klareren, nach besser gelungenen Präparaten gezeichneten und eine vollständige Entwicklungsserie der Spermatozyten darstellenden Figuren in unsrer letzten Myxinearbeit, die ihm wohl bekannt ist, sowie die zahlreichen Abbildungen der entsprechenden Stadien, die wir von andern Objekten geliefert haben, in dieser Verbindung mit keinem Worte erwähnt. Immerhin muss aber

wohl angenommen werden, dass sein Vorwurf auch für diese letzteren Geltung haben soll; denn sonst wäre derselbe ja eigentlich ganz hinfällig.

Wir wollen Meves offen fragen, ob wir in dieser Annahme Recht haben. Will er mit Kenntnis von alledem, was in den letzten Jahren über die Reifung männlicher und weiblicher Geschlechtszellen bekannt geworden ist, die Meinung ausgesprochen haben, dass die Stadien, die bei vielen Objekten vor der Bildung der bivalenten Chromatinbügel beschrieben worden sind, und auf denen die dünnen Chromatinfädchen an einer Seite zu je zwei zusammenlaufen, an der andern aber sich oft weit spreizen, dass diese Stadien nach dem der bivalenten Bügel einzureihen und somit mit den, schon längstbekannten Spaltungsstadien dieser Bügel identisch sind?

Meint er dies auch für solche Objekte behaupten zu dürfen, wo die verschiedenen Stadien in der Entwicklung der Geschlechtszellen in den Geschlechtsdrüsen nach ihrem Alter geordnet und somit räumlich getrennt sind[1] (vgl. die von Janssens, 05, gelieferten kontinuierlichen

[1] Als ein gutes Beispiel von der räumlichen Trennung der Einleitungs- und der Endstadien der Konjugation können wir die Verhältnisse in den jungen Ovarien von *Myxine* nennen.

Im Ovarium dieses Tieres sind die verschiedenen Entwicklungsstadien der Geschlechtszellen in sehr charakteristischer Weise geordnet: Dem freien Rande des Ovarialblattes am nächsten befinden sich die Oogonien, die aus dem diesen Rand bekleidenden Keimepithel hervorgehen. Je mehr wir uns aber der Anheftungslinie des Mesovariums nähern, auf desto vorgerücktere Stadien stossen wir. Bei Verfolgung der Entwicklung des Ovariums kann man nun auch das zeitliche Auftreten der verschiedenen Stadien feststellen.

Um das zeitliche Auftreten eben der Stadien, auf die es uns hier besonders ankommt, zu illustrieren, führen wir folgendes Beispiel an: Im Ovarium eines *11.4 cm* langen Tieres haben wir noch keine Oozyte aus dem Stadium der bivalenten Chromatinbügel vorgefunden, die ältesten Oozyten dieses Tieres befanden sich in der Einleitungsphase der Konjugation. Im Ovarium eines *12.4 cm.* langen Tieres liessen sich dagegen nahe an der Anheftungslinie des Mesovariums zahlreiche grössere Oozyten aus dem Stadium der bivalenten Bügel und neben diesen auch einige, deren Bügel längsgespalten waren, nachweisen; gegen den freien Rand des Ovariums hin lagen aber auch hier kleinere Oozyten aus der Einleitungsphase der Konjugation sowie kleine Oogonien.

Die Stadienfolge der Spermatozyten von *Myxine* lässt sich nun bei Verfolgung der Entwicklung des Hodens ebenso sicher wie die der Oozyten feststellen; und man wird sich ausserdem davon überzeugen können, dass die Zellen des Spaltungsstadiums sich von denen der Einleitungsphase der Konjugation dadurch unterscheiden, erstens dass sie frei in der Follikelflüssigkeit schwimmen und meistens auch deutlich grösser als die letzteren sind (05 a), zweitens dass ihre Zentriolen schon grosse Knospen tragen (05 b). Hierzu kommt noch als weitere Unterscheidungsmerkmale das Verhalten ihrer chromatoiden Körper und Sphärenbläschen (05 a).

Der erfahrne Untersucher wird aber nur selten für die Bestimmung der Stadienfolge diese Merkmale nötig haben, er wird sich aus der genauen Betrachtung der Kernstrukturen allein ein sicheres Urteil über das relative Alter der Zellen bilden können, und vor allem wird ihm die Entscheidung, ob er Zellen aus der Einleitungs- oder der Endphase der Konjugationsperiode vor sich hat, nur in Ausnahmsfällen schwer sein können.

Serien von Photographien durch die Länge des Hodens von *Batrachoseps*), und vor allem auch für weibliche Geschlechtszellen, wo man sich manchmal leicht davon überzeugen kann, dass die Zellen sowie die Kerne an Grösse merklich zugenommen haben, wenn die Spaltung der bivalenten Chromatinbügel klar hervortritt?

Nachdem Meves in der oben geschilderten Weise denjenigen Forschern den Garaus gemacht hat, die in diesen Fragen eine andre Meinung haben als er, liefert er in einem eigenen Kapitel eine Darstellung seiner Auffassung der Chromatinreduktion (07, S. 463). »Mein Standpunkt in der Reduktionsfrage ist noch immer (allerdings mit einer wesentlichen Einschränkung) derselbe wie im Jahre 1896«, so fängt dies Kapitel an.

Wenn wir uns der Resultate der Untersuchungen von Meves aus jenem Jahre erinnern, wenn wir bedenken, dass er von den eigentümlichen Chromatinveränderungen, die der Bildung der bivalenten Chromosomen vorhergehen, damals so gut wie gar keine erkannt hat, und dass er auch durch seine neusten Untersuchungen nur sehr wenig weiter gelangt ist (vgl. o.), so wird man sich wohl diese »Unveränderlichkeit« seines Standpunkts einigermassen erklären können. Man wird ihm auch nach dem Lesen seiner Arbeiten glauben, wenn er sagt, dass er »die Schwierigkeiten des Reduktionsproblems niemals recht begriffen« hat (07, S. 465).

Wir müssen Meves zugeben, dass seine Auffassung von den Chromatinveränderungen der Reifungsperiode an bestechender Einfachheit und Übersichtlichkeit nichts zu wünschen übrig lässt. Es gibt keine Konjugation der Chromosomen, weder auf die eine, noch auf die andre Weise. Die Zahl der Chromosomen wird ganz einfach dadurch reduziert, »dass die vorhandene Chromatinmasse sich im Beginn der ersten Reifungsteilung in der halben Anzahl von »taktischen Verbänden«, Chromosomen zusammenfindet[1]. Dies ist eine Tatsache, die als solche hingenommen werden muss. Eine besondere Erklärung dafür lässt sich nicht geben« (S. 464).

Die Reduktion der Chromosomenzahl wird offenbar von Meves denjenigen Mysterien zugezählt, über die die Menschen lieber nicht reflektieren sollten. Schafft man doch mit dem vielen Reflektieren nur Unfrieden und immer neue Schwierigkeiten!

Kristiania d. 22. November 1907.

---

[1] Von uns gesperrt.

Literatur.

Berghs, J. (04): La formation des chromosomes hétérotypiques dans la sporogénèse végétale. II. *La Cellule*, t. 21.

Farmer, J. B. and Moore, J. E. S. (03): New Investigations into the Reduction Phenomena of Animals and Plants. *Proc. of the Roy. Sc.* Vol. 72.

—»— (05): On the Maiotic Phase (Reduction Divisions) in Animals and Plants. *Quartl. Journ. Micr. Sc.* Vol. 48.

Fick, R. (07): Vererbungsfragen, Reduktions- und Chromosomenhypothesen, Bastard-Regeln. *Ergebn. d. Anat. u. Entw.* Bd. 16.

Flemming, W. (1887): Neue Beiträge zur Kenntnis der Zelle. *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. 29.

Goldschmidt, R. (06): Referat im Zoolog. Zentralblatt.

Grégoire, V. et Wygaerts, A. (03): La reconstitution du noyau et la formation des chromosomes dans les cinèses somatiques. *La Cellule*, t. 21.

Grégoire, V. (04): La réduction numérique des chromosomes et les cinèses de maturation. *La Cellule*, t. 21.

—»— (05): Les résultats acquis sur les cinèses de maturation dans les deux règnes. *La Cellule*, t. 22.

—»— (06): La structure de l'élément chromosomique au repos et en division. *La Cellule*, t. 23.

Heidenhain, M. (07): Plasma und Zelle. Erste Abt., erste Liefr. Jena.

Janssens, F. A. (01): La spermatogénèse chez les Tritons. *La Cellule*, t. 19.

—»— (05): Evolution des Auxocytes mâles du Batrachoseps attenuatus. *La Cellule*, t. 22.

—»— et Dumez, R. (03): L'élément nucléinien pendant les cinèses de maturation des spermatocytes chez Batrachoseps attenuatus et Pletodon cinereus. *La Cellule*, t. 20.

Meves, Fr. (1897): Ueber die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von Salamandra maculosa. *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. 48.

—»— (07): Die Spermatocytenteilungen bei der Honigbiene nebst Bemerkungen über Chromatinreduktion. *Arch. f. mikr. Anat.* Bd. 70.

Montgomery, Jr. Th. H. (03): The Heterotypic Maturation Mitosis in Amphibia and its General Significance. *Biol. Bull.* Vol. 4.

—»— (04): The Maturation Phenomena of the Germ Cells. *Biol. Bull.* Vol. 6.

Rückert, J. (1892): Zur Entwicklungsgeschichte des Ovarialeies bei Selachiern. *Anat. Anz.* Bd. 7.

Schreiner, A. und K. E. (04): Die Reifungsteilungen bei den Wirbeltieren. Ein Beitrag zur Frage nach der Chromatinreduktion. *Anat. Anz.* Bd. 24.

—»— (05 a—b): Ueber die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von Myxine glutinosa (L.) I—II. *Arch. de Biol.* t. 21.

—»— (06 a): Neue Studien über die Chromatinreifung der Geschlechtszellen. I. Die Reifung der männlichen Geschlechtszellen von Tomopteris onisciformis (Eschholtz). *Arch. de Biol.* t. 22.

Schreiner, A. und K. E. (06 b): Neue Studien über die Chromatinreifung der Geschlechtszellen. Reifung der männlichen Geschlechtszellen von Salamandra maculosa (Laur.), Spinax niger (Bonap.) und Myxine glutinosa (L.) *Arch. de Biol.* t. 22.

—»— (06 c): Neue Studien über die Chromatinreifung der Geschlechtszellen. III. Die Reifung der Geschlechtszellen von Ophryotrocha puerilis (Clprd. Mecz). *Anat. Anz.* Bd. 29.

—»— (07): Neue Studien über die Chromatinreifung der Geschlechtszellen. IV. Die Reifung der Geschlechtszellen von Enteroxenos östergreni (Bonn), *Videnskabs-Selsk. Skr.* I. M.-N. Kl. 1907. No. 2.

Strasburger, E. (05): Die stofflichen Grundlagen der Vererbung im organischen Reich. Jena.

Winiwarter, H. v. (01): Recherches sur l'ovogénèse et l'organogénèse de l'ovaire des mammifères (lapin et homme). *Arch. de Biol.* t. 17.

Erklärung der Figuren.

Sämtliche Zeichnungen sind unter Benutzung des Abbe'schen Zeichenapparats auf Arbeitstischhöhe entworfen: Fig. 5 b ist mit Zeiss's Apochr. 1.5 mm. und Oc. 12 gezeichnet, die übrigen Figuren mit derselben Linse und Oc. 8. Tubuslänge 160 mm.

Die Zeichnungen wurden nach Schnittpräparaten ausgeführt, die nach Fixierung in Tellyesnickis Flüssigkeit mit Eisenhämatoxylin gefärbt waren; sie geben die Kernstrukturen möglichst genau wieder, die Struktur des Zytoplasmas ist dagegen nicht ausgeführt.

Fig. 1—9. Entwicklung der Spermatozyten bis zum Anfang der Konjugation.

„ 1. Telophase einer Spermatogonienteilung.

„ 2. Spätere Telophase.

„ 3. Junge Spermatozyten. Kerne in seitlicher Ansicht, von der Oberfläche gesehen.

„ 4—7. Etwas ältere Spermatozyten.

„ 5 a und b. Kerne in seitlicher Ansicht.

„ 5 b. Teile einiger Chromatinbügel aus dem Kerne der in Fig. 5 a abgebildeten Zelle bei stärkerer Vergrösserung.

„ 6 und 7 ungefähr dasselbe Stadium wie Fig. 4, die Chromatinbügel quer getroffen. Der in Fig. 6 gezeichnete Kern ist durch seine Mitte, die beiden Kerne der Fig. 7 durch ihre Polteile durchgeschnitten.

„ 8. Etwas ältere Spermatozyte als die der Fig. 4—7; die Chromatinbügel, besonders an ihren Polteilen, mehr kondensiert.

„ 9. Spermatozyte kurz vor dem Anfang der Konjugation. Einige Chromatinbügel zeigen im Polteile des Kernes zu je zwei einen parallelen Verlauf.

„ 10—18. Bildung der bivalenten Chromatinbügel durch parallele Konjugation je zweier dünnen Chromatinfäden.

„ 10—11. Erster Anfang der Konjugation im Polteile des Kernes.

„ 12. Etwas späteres Stadium. Im Polteile des Kernes haben sich die dünnen Fäden zum Teil schon zu dicken Chromatinbügeln vereinigt. Das Bild ist bei einer Einstellung gezeichnet; durch geringe Veränderung der Einstellung treten zwei andere Paare von konjugierenden Fäden zu Gesicht.

„ 13, 15, 16 und 17. Detailbilder aus Kernen, wo die Bildung der bivalenten Chromatinbügel beinahe beendigt war.

Fig. 14 und 18. Dasselbe Stadium. Zellkuppen. Sämtliche im Schnitte vorhandenen Fäden und Bügel des Kernes eingezeichnet.

„ 19—20. Stadium der bivalenten Chromatinbügel.

„ 19. Detailbild eines Bügels.

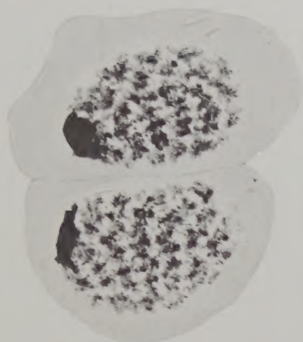
„ 20. Querschnittsbild.

„ 21—26. Hervorgehen der bivalenten Chromosomen der ersten Reifungsteilung durch Längsspaltung der bivalenten Chromatinbügel und Kontraktion der Spalthälften. Detailbilder. In Fig. 23 ist an mehreren Stellen eine Längsteilung der Spaltteile sichtbar.

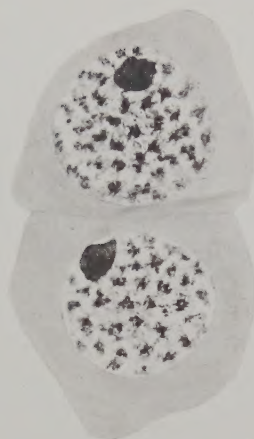
Gedruckt am 3. april 1908.



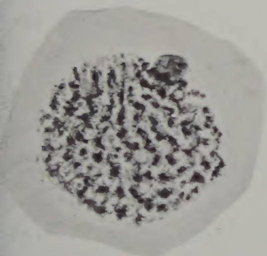
1.



2.



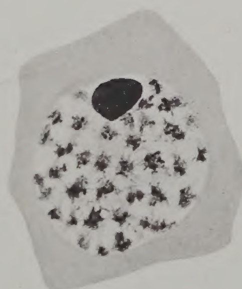
7.



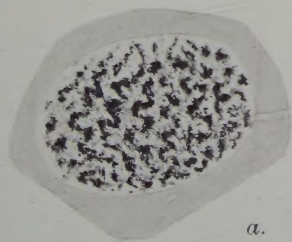
4.



3.

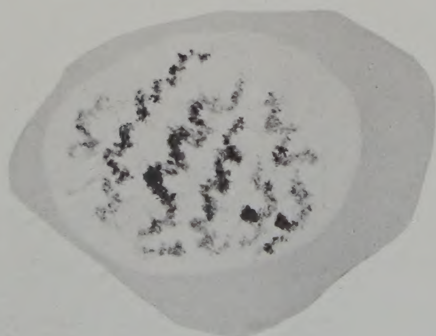


6.



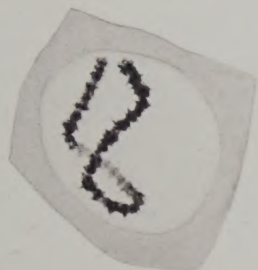
a.

5.

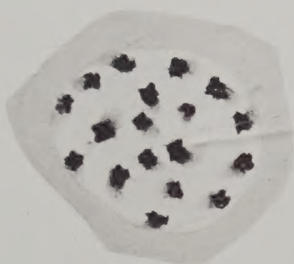


b.

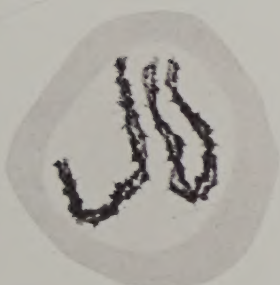
HREINER DEL.



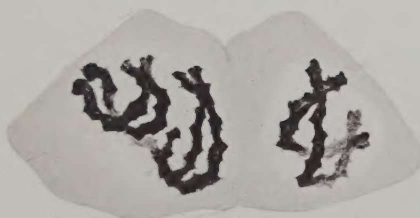
19.



20.



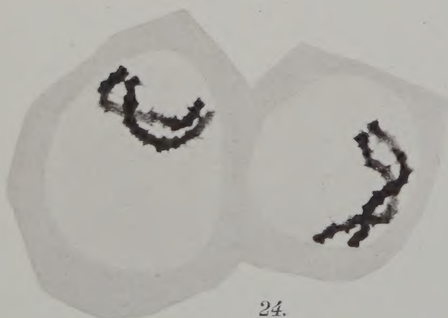
21.



23.



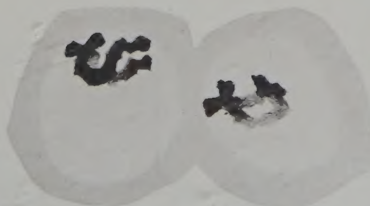
22.



24.



25.



26.

SCHREINER DEL.